

平成 30 年 6 月 7 日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00102

研究課題名(和文)ビッグデータ解析に基づくクラウド信頼性評価法の開発と応用

研究課題名(英文)A Method of Cloud Reliability Assessment Based on Big Data Analysis with Application to Software Tool

研究代表者

田村 慶信(Tamura, Yoshinobu)

東京都市大学・知識工学部・教授

研究者番号：20368608

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：ビッグデータは様々な場面で利活用が進み、クラウドコンピューティングはその活用を下支えする重要な役割を担っている。本研究課題では、ビッグデータによるデータ肥大化に伴うクラウドを対象とした信頼性評価手法を構築した。具体的には、クラウドに対してビッグデータが外的要因として及ぼす影響を3Vモデルにより定量的に評価するために、3種類のノイズをもつ確率微分方程式に基づいたジャンプ拡散過程モデルを提案した。さらに、提案手法に基づく信頼性評価ツールをオープンソースソフトウェアとして開発した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we have focused on the big data on cloud computing. The big data and cloud computing are now attracting attention as the next-generation software service paradigm. In case of considering the effect of external factors on entire system in the development of software reliability assessment methods for cloud computing, it is necessary to grasp the deeply-intertwined factors. Then, we consider that three factors of big data have an effect on the cloud computing, directly and indirectly. We have proposed a method of software dependability and reliability assessment based on jump diffusion process modeling in order to consider the indirect factors. In particular, we have developed the three-dimensional application software for reliability and cost optimization analyses based on the proposed method. Moreover, the three-dimensional application software have been developed and opened as the open source software.

研究分野：ソフトウェア工学

キーワード：ビッグデータ クラウドコンピューティング ソフトウェア 信頼性

## 1. 研究開始当初の背景

現在、オープンソースを利用したクラウドサービスが多く提供されるようになってきている。しかしながら、ソフトウェアの設計図にあたるソースコードが世界中に公開されているため、クラッキングによる情報事故のように、悪意のあるサイト攻撃や情報流出の標的になりやすく、なかなか導入に踏み切れないのが現状である。日本政府により 2013 年 10 月に公表された「サイバーセキュリティ国際連携取組方針」の中にも、安全・安心にクラウドサービスを利用できるようにするため、クラウドセキュリティ活動の普及とともに、米国を含めた諸外国との連携を推進することが重要課題の一つとして掲げられている。

しかしながら、クラウドサービスが普及しつつある現在においても、クラウド関連の障害や情報事故が後を絶たない。クラウドサービスの特徴により、ひとたび障害が発生すれば世界規模のトラブルに波及するとともに、その影響は瞬時に表面化する。その原因は、ソフトウェアの設計図にあたるソースコードが世界中に公開されているため、クラッキングによる情報事故のように、悪意のあるサイト攻撃や情報流出の標的になり易いだけでなく、データセンター大規模障害のように多くのサービスインフラへの大規模波及障害へつながる可能性があるのが現状である。クラウド環境の信頼性が確保されれば、その普及は爆発的に増加するものと思われる。近い将来、データが手元にある不安の方が大きくなる時代を切り開くためには、ビッグデータを想定したクラウド環境のセキュリティ・信頼性に関する課題解決が特に重要となる。

こうした背景から、ビッグデータ時代を支える安心・安全なクラウド環境が必要とされている。特に、ビッグデータを扱うクラウドにおいては、ひとたび障害が発生すると個人情報情報の漏洩だけでなく多大な財産の損失を招くものが多く、セキュリティ・信頼性評価に関する技術の確立は急務である。

## 2. 研究の目的

ビッグデータを支えるクラウドサービスは今後も急速に拡大するものと考えられる。こうしたビッグデータを有するクラウドコンピューティングにおける信頼性評価法を提案する。具体的には、ビッグデータ属性に基づく信頼性評価法を提案する。また、提案された信頼性評価手法に基づき、モバイルクラウドとネットワークを考慮したセキュリティ評価技術を開発する。さらに、開発された信頼性評価技術を応用し、ビッグデータ・クラウドを融合した新たな信頼性評価技術を開発するとともに信頼性評価ツールとして実装する。開発されたソフトウェアツールは、オープンソースソフトウェアとして公開する。これにより、研究成果を迅速に社会へ提供できるものとする。

## 3. 研究の方法

ビッグデータを保有するデータベースコンポーネントとクラウド基盤システム間における複雑な通信状況や相互作用を考慮し、クラウド環境全体に対して動的にセキュリティおよび信頼性を評価するために、以下のテーマに基づいてビッグデータを考慮したクラウド信頼性評価技術を構築してきた。

- (1) ビッグデータとクラウドを想定したフォールトデータクラスタリングに基づくソフトウェア信頼性評価法
- (2) クラウドデータの運用環境を考慮したソフトウェア信頼性評価法
- (3) オープンソースソフトウェアに対するディープラーニングに基づくフォールト識別法
- (4) オープンソースソフトウェアに対するフォールトデータ分析ツールの開発
- (5) ディープラーニングに基づくオープンソースソフトウェアの信頼性・保全性評価ツールの開発

特に、ビッグデータを有するクラウド環境に対するセキュリティおよび信頼性評価ツールとして、NW.js によるアプリケーション構築フレームワーク技術を活用し、JavaScript および統計言語 R との動的リンクによりソフトウェアツールを実装してきた。これにより、理論解析において使用してきた R のソースコードを容易に再利用できることから、迅速に研究成果をツール化することが可能となるだけでなく、数理モデル等に関する知識がなくとも、システム管理者が容易にビッグデータを有するクラウドサービスのセキュリティ・信頼性を評価できるソフトウェアツールとして、Web 上で公開することが可能となる。

## 4. 研究成果

ビッグデータを有するクラウドオープンソースソフトウェアの実利用環境を想定し、信頼性評価のために、複数のノイズをもつジャンプ拡散モデルを利用したディペンダビリティ評価法について議論してきた。特に、クラウド運用段階におけるビッグデータからの外的要因がシステム全体の信頼性に及ぼす影響を考慮するために、複数の白色雑音により表現した確率モデルを提案した。また、クラウドコンピューティングのビッグデータからの外的要因を考慮した信頼性評価例として、実際のクラウドオープンソースソフトウェアのフォールト発見数データに対する数値例を示し、提案手法が適用可能であることを確認した。さらに、ビッグデータの特徴を 3V モデルにより考慮した 3 次元ジャンプ拡散モデルに基づく総ソフトウェアコストを定式化し、ビッグデータからの外的要因を考慮した最適メンテナンス時刻の推定法を提案した。このとき、実際のバグトラッキングシステム上に登録されたフォールトデ

ータを適用するとともに、ビッグデータ要因を包括した種々の信頼性評価尺度と最適メンテナンス時刻に関する数値例を示すことにより、提案手法が実際のクラウド環境に対して適用できることを確認した。提案手法は、ビッグデータによる間接的な影響を考慮することにより、クラウド運用段階に対して、より現実的なディペンダビリティ評価指標として利用できるものとする。

特に近年、クラウド環境では、ビッグデータを有するケースが増加しており、データベースとクラウド間の相互作用の結果として、間接的にシステムの信頼性に影響を及ぼすことが想定される。本研究課題では、クラウドの運用環境特性として、ビッグデータ特性に着目した信頼性評価法について議論するとともに、クラウドコンピューティングの信頼性を評価するためのソフトウェアツールとして、アプリケーションソフトウェアを開発した。クラウドの普及により、データを端末上に保有しない運用形態が多くなっている。これにより、クラウド上にビッグデータが蓄積されるようになった。開発されたアプリケーションは、こうしたビッグデータに依存したクラウド信頼性評価ツールとして役立つものとする。

本研究課題において開発されたビッグデータを想定したクラウドに対する信頼性評価のためのソフトウェアツールの実行例を以下に示す。

まず、ビッグデータを考慮したクラウドに対する信頼性評価のための 3D アプリケーションのメイン画面を図 1 に示す。次に、信頼性評価結果の一例として、推定された総ソフトウェアコストを図 2 に示す。さらに、フォールトビッグデータを想定したオープンソースソフトウェアに対するディープラーニングに基づく信頼性分析ツールの実行例として、開発されたツールのメイン画面を図 3 に示す。また、推定された平均ソフトウェア故障発生時間間隔 (MTBF) を図 4 に示す。本研究課題において開発されたソフトウェアツールにより、数理モデルに関する知識がなくとも容易に、ビッグデータからの間接的要因を考慮したクラウドコンピューティングに対する信頼性を評価することが可能となる。

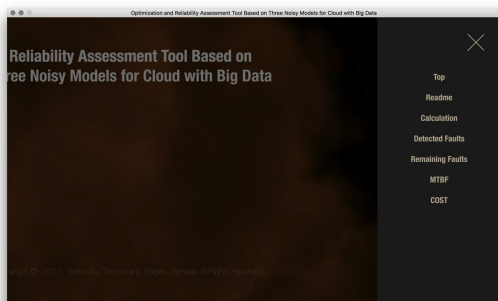


図 1 : 3D アプリケーションのメイン画面。

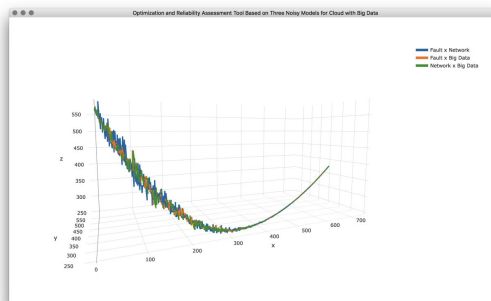


図 2 : 推定された総ソフトウェアコスト。

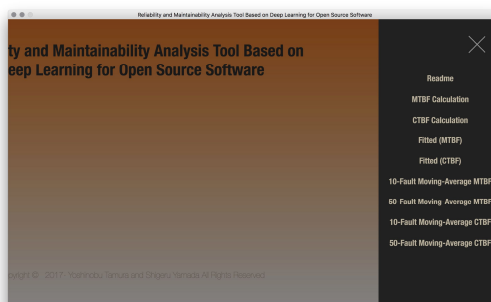


図 3 : オープンソースソフトウェアに対するディープラーニングに基づく信頼性分析ツールのメイン画面。

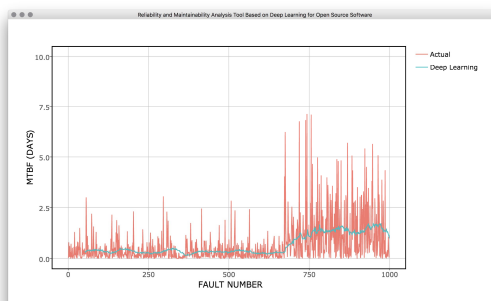


図 4 : 推定された MTBF。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 34 件)

Y. Tamura and S. Yamada, Multi-dimensional software tool for OSS project management considering cloud with big data, International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering, Vol. 25, No. 3, World Scientific, 2018, pp. 1850014-1-1850014-16. (査読有)

Y. Tamura and S. Yamada, Dependability analysis tool considering the optimal data partitioning in a mobile cloud, Reliability Modeling with Computer and Maintenance Applications, World Scientific, 2017, pp. 45-60. (査読)

有)

Y. Tamura and S. Yamada, Fault identification and reliability assessment tool based on deep learning for fault big data, Journal of Software Networking, Vol. 2017, Issue 1, 2017, DOI: 10.13052/jsn2445-9739.2017.008, pp. 161-176. (査読有)

Y. Tamura and S. Yamada, Open source software cost analysis with fault severity levels based on stochastic differential equation models, A Journal of Life Cycle Reliability and Safety Engineering, 2017, DOI: 10.1007/s41872-017-0009-5, Springer, Vol. 6, No. 1, pp. 31-35. (査読有)

Y. Tamura and S. Yamada, Dependability analysis tool based on multi-dimensional stochastic noisy model for cloud computing with big data, International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences, Vol. 2, No. 4, 2017, pp. 273-287. (査読有)

Y. Tamura, T. Takeuchi, and S. Yamada, Software reliability and cost analysis considering service user for cloud with big data, International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering, Vol. 24, No. 1, World Scientific, 2017, pp. 1750009-1-1750009-14. (査読有)

S. Yamada and Y. Tamura, Quantitative OSS project assessment based on process capability index, Proceedings of 2017 International Conference on Infocom Technologies and Unmanned Systems, Amity University Dubai, Dubai, UAE, pp. 3-7, December 18-20, 2017. (査読有)

Y. Tamura and S. Yamada, 3D application for dependability assessment based on three noisy models for cloud computing, Proceedings of the 11th International Conference on Project Management, Munich, Germany, November 29-December 1, 2017, pp. 320-326. (査読有)

Y. Tamura and S. Yamada, Optimization and reliability analysis tool based on multi-dimensional wiener processes for big data on cloud computing, Proceedings of the 23rd ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design, Chicago, Illinois, USA, August 3-5, 2017, pp. 185-189. (査読有)

Y. Tamura and S. Yamada, Software reliability model selection based on

deep learning with application to the optimal release problem, Journal of Industrial Engineering and Management Science, DOI:

10.13052/jiems2446-1822.2016.003, Vol. 1, 2016, pp. 43-58. (査読有)

Y. Tamura, S. Ashida, M. Matsumoto, and S. Yamada, Identification method of fault level based on deep learning for open source software, Software Engineering Research, Management and Applications, Studies in Computational Intelligence, DOI: 10.1007/978-3-319-33903-0\_5, Springer International Publishing Switzerland, 2016, pp. 65-76. (査読有)

Y. Tamura and S. Yamada, Reliability and interaction analysis based on fault data clustering and neural network for cloud software with big data, Amity Journal of Interdisciplinary Research, Amity University Press, 2016, pp. 75-80. (査読有)

A. Anand M. Agarwal, Y. Tamura, and S. Yamada, Economic impact of software patching and optimal release scheduling, Quality and Reliability Engineering International, Vol. 33, Issue 1, 2016, John Wiley & Sons, DOI: 10.1002/qre.1997, pp. 149-157. (査読有)

Y. Tamura and S. Yamada, Reliability computing and management considering the network traffic for a cloud computing, Annals of Operations Research, DOI: 10.1007/s10479-016-2140-5, Springer US, Vol. 244, No. 1, 2016, pp. 163-176. (査読有)

Y. Tamura, S. Ashida, and S. Yamada, Fault identification tool based on deep learning for fault big data, Proceedings of the 3rd International Conference on Information Science and Security, Pattaya, Thailand, December 19-22, 2016, pp. 69-72. (査読有)

Y. Tamura and S. Yamada, Comparison of big data analyses for reliable open source software, Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Bali, Indonesia, December 4-7, 2016, CD-ROM (Reliability and Maintenance Engineering 3). (査読有)

Y. Tamura, S. Ashida, and S. Yamada, Quantitative interdependency analysis based on deep learning for

- cloud and database software, Proceedings of the Thirteenth International Conference on Industrial Management, Hiroshima, Japan, September 21-23, 2016, pp. 325-331. (査読有)
- Y. Tamura, M. Matsumoto, and S. Yamada, Open source software reliability assessment based on deep learning, Proceedings of the 7th Asia-Pacific International Symposium on Advanced Reliability and Maintenance Modeling, Seoul, Korea, August 24-26, 2016, pp. 509-516. (査読有)
- T. Takeuchi, Y. Tamura, and S. Yamada, Jump diffusion process model considering the optimal data partitioning for cloud with big data, Proceedings of the 22nd ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design, Los Angeles, California, USA, August 4-6, 2016, pp. 167-171. (査読有)
- Y. Tamura and S. Yamada, Deep learning approach for reliability assessment of cloud software, Proceedings of the 22nd ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design, Los Angeles, California, USA, August 4-6, 2016, pp. 138-142. (査読有)
- 21 Y. Tamura, M. Matsumoto, and S. Yamada, Software reliability model selection based on deep learning, Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering, Management Science and Application 2016, Jeju Island, Korea, May 23-26, 2016, pp. 77-81. (査読有)
- 22 Y. Tamura and S. Yamada, Cost optimization based on decision-making and reliability modeling for big data on cloud computing, An International Journal of Communications in Dependability and Quality Management, Vol. 18, No. 4, 2015, pp. 5-19. (査読有)
- 23 Y. Tamura and S. Yamada, Reliability analysis based on a jump diffusion model with two Wiener processes for cloud computing with big data, Entropy, Vol. 17, No. 7, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, Switzerland, 2015, pp. 4533-4546. (査読有)
- 24 Y. Tamura and S. Yamada, Software reliability analysis considering the fault detection trends for big data on cloud computing, Industrial Engineering Management Science and Applications 2015, Lecture Notes in Electrical Engineering 349, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015, pp. 1021-1030. (査読有)
- 25 Y. Tamura and S. Yamada, Practical reliability and maintainability analysis tool for an open source cloud computing, Quality and Reliability Engineering International, 2015, John Wiley & Sons, DOI: 10.1002/qre.1802. (査読有)
- 26 Y. Tamura, Y. Nobukawa, and S. Yamada, A method of reliability assessment based on neural network and fault data clustering for cloud with big data, Proceedings of the 2nd International Conference on Information Science and Security, Seoul, Korea, December 14-16, 2015, pp. 181-184. (査読有)
- 27 Y. Tamura, Y. Nobukawa, and S. Yamada, A method of reliability assessment based on hazard rate by clustering approach for cloud computing with big data, Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Singapore, December 6-9, 2015, CD-ROM (Reliability & Maintenance Engineering 2). (査読有)
- 28 Y. Tamura and S. Yamada, Mobile application for reliability assessment based on three noisy models for cloud computing, Proceedings of the 2nd East Asia Workshop on Industrial Engineering, Seoul, Korea, November 6-7, 2015, pp. 104-109. (査読有)
- 29 Y. Tamura and S. Yamada, Reliability assessment based on jump diffusion model for cloud computing under the influence of big data, Proceedings of the 21st ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design, Philadelphia, Pennsylvania, USA, August 6-8, 2015, pp. 99-103. (査読有)
- 30 Y. Nobukawa, Y. Tamura, and S. Yamada, Optimal maintenance problem based on hazard rate model for mobile clouds, Proceedings of the 21st ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design, Philadelphia, Pennsylvania, USA, August 6-8, 2015, pp. 84-88. (査読有)
- 31 Y. Tamura and S. Yamada, Three dimensional Wiener processes model and optimal software maintenance planning, Proceedings of the Ninth International Conference on

Mathematical Methods in Reliability, Tokyo, Japan, June 1-4, 2015, pp. 863-870. (査読有)

〔学会発表〕(計 29 件)

田村慶信, 山田茂, 「ソフトウェア画面構成を考慮した深層学習に基づく OSS プロジェクトのフォールト識別法」, 日本オペレーションズ・リサーチ学会, 2017 年.

田村慶信, 山田茂, 「ソフトウェア信頼性評価のための NW.js に基づくアプリケーションソフトウェアの開発」, プロジェクトマネジメント学会, 2017 年.

田村慶信, 山田茂, 「ディープラーニングに基づくオープンソースソフトウェアの信頼性・保水性評価ツールの開発」, 電子情報通信学会, 2017 年.

田村慶信, 山田茂, 「ディープラーニングに基づくオープンソースソフトウェアの信頼性と保水性評価に関する一考察」, 電子情報通信学会, 2017 年.

田村慶信, 芦田哲, 松本光穂, 山田茂, 「ディープラーニングに基づくソフトウェア故障発生時間間隔の推定法」, 京都大学数理解析研究所, 2017 年.

田村慶信, 山田茂, 「モバイルクラウドの最適データ分割を考慮したソフトウェア最適メンテナンス時刻推定のためのアプリケーション」, 統計数理研究所, 2017 年.

竹内智哉, 田村慶信, 山田茂, 「クラウドデータの運用環境を考慮したソフトウェア信頼性評価法」, 第 18 回 IEEE, 2016 年.

松本光穂, 田村慶信, 山田茂, 「モバイルクラウドに対する影響要因を考慮したハザードレートモデルに基づく信頼性管理」, プロジェクトマネジメント学会, 2016 年.

田村慶信, 芦田哲, 山田茂, 「オープンソースソフトウェアに対するディープラーニングに基づくフォールト分析に関する比較と考察」, プロジェクトマネジメント学会, 2016 年.

田崎諒也, 田村慶信, 山田茂, 「OSS フォールトデータ分析ツールの開発とその考察」, プロジェクトマネジメント学会, 2016 年.

田村慶信, 芦田哲, 松本光穂, 山田茂, 「オープンソースソフトウェアに対するフォールトデータ分析ツールの開発」, 電子情報通信学会, 2016 年.

田村慶信, 芦田哲, 松本光穂, 山田茂, 「オープンソースソフトウェアに対するディープラーニングに基づくフォールト識別法」, 電子情報通信学会, 2016 年.

芦田哲, 田村慶信, 山田茂, 「既存 SRGM に基づく最適リリース時刻推定のため

のモバイルアプリケーション」, IEEE Consumer Electronics Society, 2016 年.

田村慶信, 信川ゆみ, 山田茂, 「クラウド上のビッグデータによる外的要因を考慮したソフトウェアの最適メンテナンス問題」, 京都大学数理解析研究所, 2016 年.

松本光穂, 田村慶信, 山田茂, 「モバイルクラウドに対する変動要因を考慮したハザードレートモデルに基づく信頼性評価法」, 第 17 回 IEEE, 2015 年.

木村研太, 田村慶信, 山田茂, 「モバイル OSS の運用環境特性を考慮した信頼性評価のためのモバイルアプリケーション」, 第 17 回 IEEE, 2015 年.

田村慶信, 信川ゆみ, 山田茂, 「モバイルクラウドに対するフォールトデータクラスタリングとハザードレートモデルに基づく信頼性評価法」, 日本オペレーションズ・リサーチ学会, 2015 年.

田村慶信, 信川ゆみ, 山田茂, 「ビッグデータとクラウドを想定したフォールトデータクラスタリングに基づくソフトウェア信頼性評価法」, 電子情報通信学会, 2015 年.

〔図書〕(計 2 件)

S. Yamada and Y. Tamura, OSS reliability measurement and assessment, Springer Series in Reliability Engineering, Springer, pp. 185, 2016.

S. Yamada and Y. Tamura, Component-oriented reliability assessment approach based on decision-making frameworks for open source software, Principles of Performance and Reliability Modeling and Evaluation, Springer Series in Reliability Engineering, Springer, pp. 587-608, 2016.

〔その他〕

ホームページ等

<http://tam.ims.tcu.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田村 慶信 (TAMURA, Yoshinobu)

東京都市大学・知識工学部・教授

研究者番号: 20368608

(2) 研究分担者

山田 茂 (YAMADA, Shigeru)

鳥取大学・工学研究科・教授

研究者番号: 50166708